

IMPACTO DE LA PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE SOBRE EL PRECIO DE LAS VIVIENDAS EN CONCEPCIÓN-TALCAHUANO, CHILE

CRISTIÁN MARDONES*
Universidad de Chile

This paper provides an empirical assessment on the impact of air pollution, specifically the bad scents produced by heavy industries and industries associated to the production of fish flour on the population's economic welfare of Concepción-Talcahuano, Chile.

The paper applies an indirect method of environmental valuation known as the model of hedonics prices (Rosen, 1974). This approach has been broadly used in urban and environmental economics. The results from this paper reveal that there is a negative effect from bad scents on the price of housing and goes further by carrying out an exercise on the economic effect in a representative housing.

JEL: Q25

Keywords: Hedonics Prices, Air Pollution, Price of Housing.

1. INTRODUCCIÓN

La valoración de los bienes ambientales, tales como un aire limpio, es difícil porque los bienes ambientales no tienen mercado. Sin embargo, en el mercado de bienes raíces se comercia la calidad ambiental de manera implícita.

Si el bien ambiental “calidad del aire” varía a través de una zona urbana y los individuos pueden escoger su exposición a la contaminación mediante sus decisiones sobre localización residencial, los precios de las viviendas pueden incorporar premios por localización en áreas no contaminadas y castigos en áreas

*Deseo agradecer a los árbitros anónimos Mauricio Villena, Carlos Chávez, Iván Araya, Jorge Dresdner y Andrea Repetto por sus valiosos comentarios y sugerencias, así como también a Rosa Poblete y Dominga Sandoval por su valiosa colaboración.

E-mail: cmardones@facea.uchile.cl, mardonescristian@hotmail.com

contaminadas. De este modo, puede ser posible estimar la demanda por ese bien público de los precios revelados en el mercado de viviendas (Palmquist, 2003).

La técnica de precios hedónicos se ha aplicado a una amplia variedad de bienes y se ha usado en diferentes campos. La mayoría de los modelos de valor de propiedad se han aplicado a bienes raíces residenciales.

La vivienda es un producto diferenciado, ya que aunque existen diferencias estructurales, de ubicación y del entorno, todas las viviendas son transadas en un solo mercado. Debido a que cada unidad difiere de las otras, no existe un precio único en el mercado, aun cuando el mercado es competitivo. El precio al cual la propiedad se vende también dependerá del costo de producir una casa con ciertas características y las decisiones de maximización de beneficio de las firmas. Sin embargo, el *stock* de casas existentes domina el mercado en la mayoría de las áreas; por tal motivo, gran parte de los investigadores generalmente asumen que la demanda individual es fija en el corto plazo, así los precios de las viviendas son determinados por la demanda.

Dado que los modelos hedónicos de valor de propiedad están basados sobre la elección residencial de los individuos, ellos no capturan disponibilidad a pagar por mejoras en amenidades ambientales en otros puntos del área urbana, por ejemplo, en el lugar de trabajo, área de compras, parques o áreas recreacionales. Además, ellos sólo capturan disponibilidad a pagar por diferencias en amenidades y sus consecuencias; por ejemplo, si existe un efecto de salud de largo plazo asociado con una baja calidad ambiental en el sector de la ciudad donde está ubicada la vivienda, pero las personas no están conscientes del vínculo causal entre salud y calidad ambiental, no se reflejarán diferencias en los precios de las viviendas.

La escasez de estudios hedónicos sobre calidad ambiental en Chile es sorprendente, considerando los niveles de contaminación del aire en importantes ciudades como Santiago, Temuco, Talcahuano¹, Chillán, entre otras, y el enorme gasto público y privado en medidas de mitigación para cumplir con la normativa vigente. A mi conocimiento existe sólo un trabajo previo que mide el valor económico de mejoras en la calidad del aire en Chile, que fue realizado para valorar económicamente las mejoras en el programa de calidad del aire en Santiago (Figuerola *et al.* (1996)).

La presente investigación plantea la hipótesis nula de que no existen efectos de la contaminación del aire (percepción de malos olores) sobre el precio de las propiedades en la intercomuna Concepción-Talcahuano.

El impacto de los malos olores es muy importante para la población que vive cerca de pesqueras e industrias que los percibe diariamente, y sus efectos en el bienestar son diversos, como por ejemplo: impregnación de mal olor en la

¹Las emisiones de la industria de harina de pescado generan concentraciones de trimetilamina y ácido sulfhídrico que son percibidas por la población. Las plantas de celulosa emiten principalmente partículas, como dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y anhídrido sulfuroso (H₂S). Por otra parte, otras industrias, como refinerías de petróleo, siderúrgicas, plantas de asfalto y cemento, etc., también contribuyen en forma importante a la contaminación atmosférica.

ropa, dolor de cabeza, irritación de ojos, mareos, alergia, efectos en la propiedad, ahogos, vómitos, pérdida de apetito, etc.

Este estudio es el primer paso en el intento de iniciar un proceso de discusión e investigación, ya que la aplicación de esta metodología puede resultar muy útil en los análisis costo-beneficio de proyectos destinados a la descontaminación ambiental, debido a que la metodología es fácilmente aplicable a otras ciudades y escenarios ambientales.

Desde el punto de vista metodológico, la limitación principal de este trabajo es la medición de la variable ambiental “malos olores”, que se realizó mediante una encuesta en la cual se consultó a los entrevistados sobre su percepción subjetiva de los malos olores en diversos sectores de la intercomuna, todo esto por la falta de variables objetivas de contaminación para la ciudad de Concepción y las pocas estaciones de monitoreo en la ciudad de Talcahuano². Debido a que la restricción de recursos no permitió realizar un diseño muestral aleatorio, se decidió realizar un muestreo no probabilístico. La misma restricción explica por qué no se contrastaron los resultados del sondeo y la opinión de las personas que efectivamente realizaron las transacciones de las propiedades.

Si bien es cierto que la medida subjetiva utilizada puede no considerarse la mejor alternativa, este enfoque permite realizar un interesante análisis de la situación en la intercomuna Concepción-Talcahuano, que al menos puede considerarse como el primer intento de investigar en esta área de la economía ambiental. Debemos notar, además, que para muchas personas una medida objetiva de algún contaminante medido en partes por millón por centímetro cúbico no tiene mucho que ver con su toma de decisiones en la vida diaria. Estos motivos llevarían a la sugerencia de utilizar una mezcla de medidas subjetivas y objetivas para medir la variable ambiental, tal como lo señala Palmquist (2003).

Otra limitación es la estimación de solamente la primera etapa del modelo hedónico (cálculo de la función de precio hedónico) y no la segunda etapa del modelo hedónico³, la cual consiste en el cálculo de las demandas individuales. El cálculo de la función de precio hedónico, y no de las demandas individuales por las características, implica que el efecto en el bienestar de cambios en la variable ambiental no es medido de forma exacta. Sin embargo, el precio marginal de la característica j -ésima en la función de precio hedónico puede ser interpretado como la disposición marginal a pagar o beneficio marginal por cambios pequeños en la característica j para cada individuo. Este es un supuesto simplificador bastante fuerte, aunque no por ello menos utilizado en las aplicaciones empíricas.

Existen varias técnicas para estudiar los efectos de la calidad ambiental en los valores de las propiedades e inferir disponibilidad marginal a pagar por mejoras. Sin embargo, el método más normalmente usado es la primera etapa del modelo hedónico, por su simplicidad de aplicación y datos requeridos.

²Dos estaciones de monitoreo para SO_2 y dos estaciones para PM_{10} .

³Para estimar la segunda etapa del modelo hedónico se requiere información de ingresos y características de las familias dueñas de las propiedades consideradas.

El documento se organiza de esta forma. A continuación se presenta el marco teórico del modelo hedónico. En la sección siguiente se describen los datos y fuentes de información que se utilizaron, asimismo como el cálculo de las variables empleadas en el análisis. Posteriormente se presentan los supuestos necesarios para la aplicación práctica del método hedónico. Finalmente se comparan los resultados de diversas formas funcionales utilizadas y se extraen las principales conclusiones y recomendaciones de política económica.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Modelo Teórico

A continuación se presenta el modelo teórico hedónico siguiendo a Freeman (1993).

Sea Y un producto (vivienda en este caso). Algún modelo de Y puede ser descrito completamente por un vector de parámetros y sus características, donde $i = 1, \dots, I$, es cada modelo de Y . Sea $Z = (z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_n)$ el vector de características de Y . Entonces algún modelo de Y , digamos y_i , puede ser descrito por sus características, esto es $y_i = y_i(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ij}, \dots, z_{in})$, donde z_{ij} es la cantidad de la j -ésima característica proporcionada por el modelo i del bien Y . La función de precio hedónico por Y da el precio de algún modelo, como una función de sus características. Específicamente, para y_i ,

$$(1) \quad P_{yi} = P_{yi}(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ij}, \dots, z_{in})$$

Si la función $P_{yi}(\cdot)$ puede ser estimada de observaciones en los precios y características de modelos diferentes, el precio de algún modelo puede ser calculado al conocer sus características.

Asumimos que cada individuo adquiere sólo una unidad de Y en el periodo relevante. La utilidad de un individuo (2) depende del consumo de un bien numérico compuesto no-vivienda, X , y el vector de características Z , proporcionadas por la unidad adquirida de Y , siendo M el ingreso. El problema del individuo, por tanto, es maximizar su función de utilidad sujeto a su restricción presupuestaria.

$$(2) \quad u = u(X, Z)$$

Si el individuo adquiere el modelo i del bien Y a un precio P_{yi} . Con el objetivo de maximizar (2) sujeto a la restricción presupuestaria $M - P_{yi} - X = 0$ (P_x es normalizado igualándolo a 1), el individuo debe escoger niveles de cada característica para satisfacer:

$$(3) \quad \frac{\frac{\partial u}{\partial z_j}}{\frac{\partial u}{\partial X}} = \frac{\partial P_y}{\partial z_j}$$

Alternativamente, la disponibilidad marginal a pagar por z_j debería ser igual al costo marginal de adquirir más de z_j , todo lo demás constante.

Invirtiendo (2) y manteniendo todas las características j constantes, nosotros obtenemos una curva de indiferencia o una curva bid que da la máxima cantidad que el individuo pagaría para obtener un modelo como una función de z_j manteniendo otras cosas constantes, básicamente $\partial P_y / \partial z_j$:

$$(4) \quad B_j = B_j(z_j, Z^*, u^*)$$

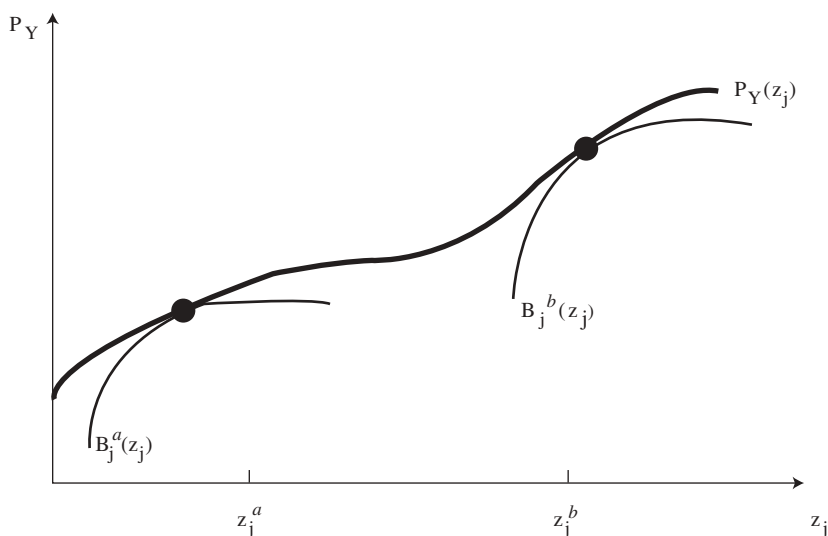
donde, u^* es la solución para el problema de maximización de utilidad restringida y Z^* representa las cantidades óptimamente escogidas de las otras características.

Debido a las diferencias en preferencias y/o ingresos, los individuos pueden tener funciones bids diferentes. Dos de tales funciones para individuos a y b son mostradas en el Gráfico 1. Ellos muestran disposición a pagar decreciente por z_j o una tasa marginal de sustitución decreciente entre z_j y X . Estos individuos escogen z_j^a y z_j^b respectivamente evaluadas en la función de precio hedónico.

Volviendo al lado de la oferta de mercado, los costos de producción de las firmas dependen de los niveles de las características de los modelos que ellos producen. Asumamos que las firmas son heterogéneas, así que sus funciones de costos son diferentes. Invirtiendo la función de beneficio de la firma se produce una curva de oferta para las características de la forma:

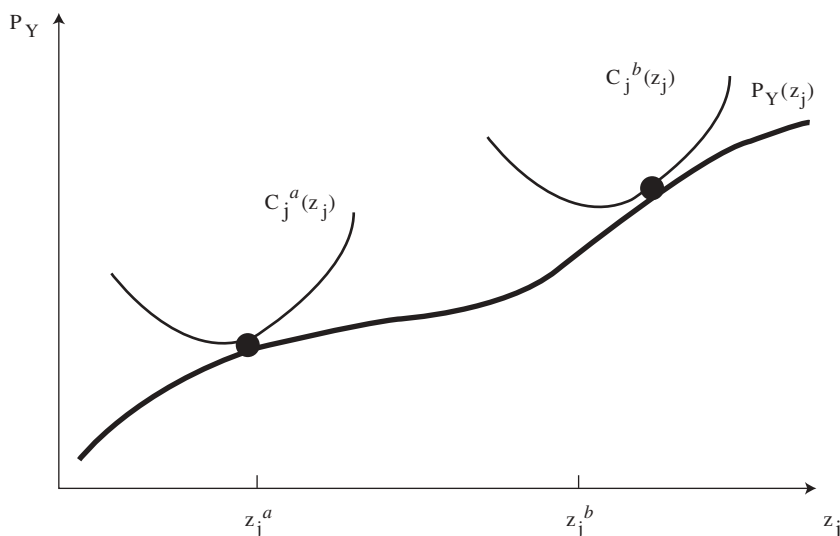
$$(5) \quad C_j = C_j(z_j, Z^*, \pi^*)$$

GRÁFICO 1



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2



Fuente: Elaboración propia.

donde π^* es el máximo beneficio obtenible. Las curvas de oferta y las cantidades óptimas de z_j ofrecidas por las firmas a y b son mostradas el Gráfico 2.

La función de precio hedónico es una doble envolvente de las familias de curvas bids y de las curvas de ofertas, de todas las familias y las empresas respectivamente (Rosen, 1974). Como una doble envolvente, la función de precio hedónico depende de los determinantes del lado de la oferta y demanda de las características del mercado.

Para que todas las firmas e individuos estén en equilibrio, todas las curvas bids y de ofertas por las características, de cada participante en el mercado, deben ser tangentes a la función de precios hedónicos.

El precio marginal implícito de una característica puede ser encontrado al diferenciar la función del precio hedónico con respecto a esa característica.

$$(6) \quad \frac{\partial P_Y}{\partial z_j} = P_{z_j}(z_{i1}, \dots, z_{ij}, \dots, z_{in})$$

Esto da el incremento del gasto en Y que es requerido para obtener un modelo con una unidad adicional de z_j , dado todo lo demás constante. Si la ecuación (1) es lineal en las características, entonces los precios implícitos son constantes para los individuos. Pero si (1) es no lineal, entonces el precio implícito de una unidad adicional de una característica depende de la cantidad de la característica adquirida.

Si la función implícita marginal es lineal en z_j , entonces no es posible identificar una curva de demanda por z_j . La observación del precio es la misma para todos los individuos. Sin embargo, p_{z_j} puede ser interpretado como la disposición marginal a pagar (DMP) o beneficio marginal por cambios pequeños en z_j para cada individuo. Si la función de precios hedónicos es no lineal, diferentes individuos seleccionan diferentes canastas de características, por lo que tendrán distintos precios marginales implícitos por z_j .

En el caso donde diferencias en el ingreso, preferencias, u otras variables resultan en individuos que tienen diferentes funciones de demanda inversa, Rosen (1974) argumentó que los datos de precios implícitos y cantidades de un único mercado podrían ser usados para estimar esta función de demanda inversa, dado que el problema de identificación de econometría podría ser resuelto. Este análisis fue incorrecto; el problema es que los datos de un único mercado hedónico son insuficientes para identificar cómo los mismos individuos responden a diferentes precios implícitos e ingreso.

Por consiguiente, para encontrar las demandas individuales hay que realizar una segunda etapa de estimación. La primera etapa del procedimiento en dos etapas de Rosen involucra la especificación de la forma de la función precio hedónica P_y y la estimación econométrica de sus parámetros. La DMP por un atributo es determinada al tomar la derivada de la función de precio hedónica con respecto al atributo en cuestión. Medir el cambio exacto en el bienestar por un cambio no marginal en el atributo involucra moverse a lo largo de la curva de demanda inversa del consumidor, lejos de la tangencia de la función hedónica. En este caso, la segunda etapa de la estimación, la cual identifica la función de demanda inversa, debe ser llevada a cabo para medir el cambio exacto en el bienestar. Existen al menos dos maneras en las cuales pueden ser obtenidas estimaciones de demanda inversa por el atributo z_j . La primera es incrementar la cantidad de información proveniente de los precios marginales implícitos al estimar funciones de precios hedónicos para varios mercados separados, y entonces hacer un *pooling* con los datos haciendo el supuesto de que la estructura fundamental de la demanda es la misma en todos los mercados (Freeman, 1974; Brown y Rosen, 1982; Palmquist, 1984). El segundo enfoque involucra especificar una forma de función de utilidad para las familias (Chattopadhyay, 1998 y 2000).

La meta de la mayoría de las estimaciones hedónicas en economía ambiental es la medida del bienestar cuando hay cambios en las cantidades de algunas de las características ambientales. Sin embargo, las técnicas que deben usarse difieren notablemente dependiendo del tipo de cambio ambiental, los costos de transacción en el mercado de la vivienda y el periodo de tiempo considerado. El cambio ambiental podría afectar sólo a un número pequeño de propiedades relativo al tamaño del mercado. Este es el caso de un externalidad localizada (Palmquist, 1992a), y la función de precio hedónico no cambia. Por otro lado, el cambio ambiental puede afectar una gran parte del mercado, produciendo un cambio en la función de precio hedónico.

La otra dimensión en la cual las técnicas de la medida del bienestar diferirán es si las familias se mueven o no en respuesta al cambio ambiental. Ellas

pueden no moverse debido a los costos involucrados en la mudanza o el corto periodo de tiempo considerado. Bajo tales circunstancias, la medida de bienestar debe estar basada en la estructura de preferencias de los consumidores y tratar con cambios en las cantidades.

Finalmente, el cálculo de cambio en el bienestar para cambios marginales en la variable ambiental, utilizando solamente la función de precio hedónico, está dado en (6). Cabe señalar que ésta es una medida aproximada (que depende de las verdaderas estructuras de las funciones de demanda por las características y del ingreso de las distintas familias), pero frecuentemente utilizada en los estudios hedónicos.

2.2. Extensiones al Modelo Básico

La función de precio hedónico puede proporcionar algo de información sobre la valoración de bienes ambientales públicos. Sin embargo, a menudo es necesario ir más allá y conocer la conducta individual en el mercado, esto es posible al realizar la segunda etapa del modelo hedónico, la cual es estimada en muy pocos estudios.

Desde otra perspectiva, surgen dos modelos alternativos (*bidding* aleatorio⁴ y modelo de utilidad aleatoria) que postulan que las elecciones de los consumidores son discretas entre casas, en lugar de continuas en las características como en el modelo hedónico. Estos modelos de elección discreta se han aplicado para estimar las preferencias del consumidor principalmente mediante modelos logit multinomial y logit anidado. Han existido estudios simultáneos de los modelos de elección discreta y hedónico para la comparación de sus medidas de bienestar ambientales, ver Chattopadhyay (1998 y 2000). Sin embargo, los modelos de elección discreta y segunda etapa del modelo hedónico necesitan información sobre características de las propiedades y características socioeconómicas. Las últimas no siempre están disponibles, por lo cual la mayoría de las investigaciones se circunscriben a la primera etapa del modelo hedónico, como ocurre también en esta investigación.

3. APLICACIÓN EMPÍRICA

3.1. Contraparte Empírica del Modelo Teórico

Al decidir comprar una casa, las familias consideran diversos factores, los cuales pueden ser divididos en tres categorías principales: los atributos estructurales de la propiedad, su localización en relación a servicios urbanos y atributos ambientales o del entorno. Las variables incluidas en este estudio son

⁴Desarrollado por Ellickson (1981) y modificado por Lerman y Kern (1983).

presentadas en el Cuadro 1 y la ecuación del precio hedónico puede ser escrita de la siguiente manera general:

(7)
$$p = p(\alpha, z_{1i}, z_{2j}, z_{3k})$$

donde, z_{1i} son atributos estructurales ($i = 1, \dots, I$), z_{2j} son atributos de localización ($j = 1, \dots, J$) y z_{3k} son atributos ambientales ($k = 1, \dots, K$). Siendo i, j y k la i -ésima,

CUADRO 1
DESCRIPCION DE VARIABLES Y FUENTES

Variable	Signo Esperado	Definición y Fuentes
Dependiente		
Precio		Precio de compraventa de la propiedad.
Independientes		
Areaex	Positivo	Tamaño del terreno en m ² .
Areaint	Positivo	Área interior de la vivienda en m ² .
THNO	Negativo	Distancia en metros desde la propiedad al centro de Talcahuano.
Conce	Negativo	Distancia en metros desde la propiedad al centro de Concepción.
Areaverde	Positivo	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la propiedad está a menos de una cuadra de un área verde natural.
Parque	Positivo	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la propiedad está a menos de una cuadra de un parque.
Plaza	Positivo	Variable dicotómica que toma el valor 1 si la propiedad está a menos de una cuadra de una plaza.
Seguridad	Positivo	Variable subjetiva de nivel de seguridad en el sector.
Olor	Negativo	Variable subjetiva de la percepción de malos olores en el sector.

Fuente: Elaboración propia.

j-ésima y k-ésima característica estructural, de localización y ambiental, respectivamente.

Atributos Estructurales

Los atributos estructurales son desde luego muy importantes, pero ¿cuáles de ellos son típicamente usados en estudios hedónicos? En una revisión de todos los artículos relacionados con precios hedónicos (28 en total) en el *Journal of Real Estate Research* y el *Journal of Urban Economics* durante los años 1990-95, Wilhelmsson (2000) determinó que los atributos estructurales más usados son área interior, número de baños, años de la propiedad, garaje y tamaño del área exterior. La calidad es un atributo que es difícil de medir, por lo cual no es comúnmente usado.

En la presente investigación se utilizan: área interior, área exterior (área total del terreno). La variable años no pudo ser utilizada por la falta de este dato en la mayoría de las observaciones.

Atributos de Localización

Los atributos de localización se refieren a la posición de la propiedad en relación a facilidades urbanas tales como proximidad a transporte público, centros comerciales, educacionales y atributos del vecindario. En este estudio son analizados la distancia a centros urbanos y comerciales (centro de Concepción y centro de Talcahuano), como también cercanía a plazas, parques y áreas verdes naturales.

Atributos Ambientales y de Seguridad

El atributo ambiental corresponde a una variable de percepción subjetiva de malos olores en cada uno de los sectores en que fue dividida el área de estudio. La variable seguridad también corresponde a la percepción subjetiva de la seguridad ciudadana de cada sector de la intercomuna Concepción-Talcahuano.

Al incluir los tres tipos de características, la función de precio hedónico a estimar es la siguiente:

$$\text{Precio} = f(\text{área exterior}, \text{área interior}, \text{distancia a Concepción}, \text{distancia a Talcahuano}, \text{plaza}, \text{parque}, \text{área verde}, \text{mal olor}, \text{seguridad})$$

3.2. Descripción de Datos y Fuentes

Los datos de precios de bienes raíces corresponden a compraventas realizadas en las ciudades de Concepción y Talcahuano, datos que fueron proporcionados por los Conservadores de Bienes Raíces de ambas ciudades, durante el primer semestre del año 2003. La información que se puede obtener de los registros de los Conservadores de Bienes Raíces son compraventas, traspasos, heren-

cias, cesión de derechos y acciones de todos los bienes raíces ubicados en estas ciudades. Sólo se utilizaron los datos de compraventas realizadas entre vendedores personas naturales y/o personas jurídicas, y compradores sólo personas naturales. El motivo de esto es que interesan en esta investigación sólo las propiedades con fines residenciales y no las compras de propiedades con fines comerciales.

La investigación, como se mencionó anteriormente, sólo comprende la primera etapa del modelo hedónico, o sea, la estimación de la función de precio hedónico y el cálculo de los precios marginales implícitos, lo cual es una limitación para obtener medidas de cambio en el bienestar. Si se quisiera ampliar la investigación a la estimación de la segunda etapa del modelo hedónico se requeriría información adicional sobre características socioeconómicas, especialmente el ingreso, el cual es muy difícil de conseguir mediante encuestas directas. La solución sería obtener esta información del SII (Servicio de Impuestos Internos), al cruzar la base de datos de este estudio en el cual se registra el RUT del comprador de la propiedad.

Los registros de los Conservadores de Bienes Raíces tienen información sobre el precio de venta, profesión y estado civil del comprador, dimensiones del lote, dirección de la propiedad y el tipo de bien raíz (sitio, departamento o casa). En total, se obtuvieron 360 compraventas de propiedades; sin embargo, en algunas observaciones existieron problemas para obtener todas las variables relevantes como área del lote o dirección, por lo cual la muestra se redujo a 239 observaciones. En una primera versión del estudio se utilizaron datos de casas y departamentos; en esta versión corregida se utilizan solamente datos de casas, ya que es común que casas y departamentos sean vistos como mercados separados y las observaciones no son suficientes para correr dos regresiones separadas para cada mercado y obtener conclusiones sobre el aspecto ambiental (existen muy pocas observaciones de compraventa de departamentos en la ciudad Talcahuano). Para concluir, se utilizan 158 observaciones de casas, de las cuales 88 corresponden a transacciones realizadas en la ciudad de Concepción y 70 a la ciudad de Talcahuano⁵.

Las dimensiones de cada propiedad son incorporadas en las variables área exterior (superficie total del terreno) y área interior (superficie construida), cada una expresada en metros cuadrados.

Dentro de las variables de localización existen dos variables de distancia. Ellas fueron calculadas en centímetros desde la vivienda hacia los centros urbanos de las ciudades de Concepción y Talcahuano, mediante los planos de la guía telefónica, siguiendo la dirección de tránsito de las calles y escalados mediante la relación que cada centímetro del plano corresponde a 210 metros aproximadamente. Cada variable de distancia está expresada en metros. Las características del entorno son incluidas en las variables dicotómicas plaza, área verde natural y parque.

⁵Para un mayor detalle de la distribución de las compraventas en los sectores considerados ver Anexo 2.

Para la variable ambiental y de seguridad se realizó un muestreo no aleatorio a 292 personas en 32 sectores en los cuales se dividió la intercomuna⁶, en el que se le consultó a los entrevistados por la seguridad con respecto a la delincuencia en los sectores conocidos y representativos en los que fue dividida la intercomuna. Las personas calificaron los sectores que ellos conocieran (no solamente en el cual vivían, entregando de este modo una comparación relativa) en una escala de seguridad (muy inseguro, inseguro, regular, seguro, muy seguro), donde el índice va de 1 a 5, y a medida que crece aumenta la seguridad, utilizándose la media y la mediana de las respuestas correspondientes a cada sector como indicadores de seguridad.

En relación a la variable ambiental, podemos decir que los datos de calidad del aire, índices de PM_{10} y SO_2 , son escasos ya que sólo existen dos estaciones de monitoreo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) en Talcahuano para cada uno de estos contaminantes, y en la ciudad de Concepción estas estaciones actualmente no existen.

El serio problema que implica el pequeño número de estaciones de monitoreo y, por ende, la poca variabilidad de la contaminación en cada sector llevó al autor a realizar una encuesta sobre los sectores de la intercomuna que se veían afectados por la contaminación del aire. A falta de una medida objetiva se creó un índice subjetivo en el cual cada encuestado respondía qué sectores eran afectados por los malos olores de las emisiones de las industrias pesadas y de harina de pescado. La escala de los malos olores de la contaminación del aire fue clasificada en seis categorías (sin efectos, muy leve, leve, moderado, fuerte y muy fuerte). Esta escala es muy similar al procedimiento utilizado en la refinería de petróleo PETROX, que evalúa los malos olores en la población cercana a la refinería también mediante encuestas.

Para la variable *olor*, la tabulación fue la siguiente: si la persona encuestada contestó que en un sector determinado y conocido por ella no existían efectos se le asignó el valor 0, si contestó que existían efectos muy leves el valor 1, efectos leves el valor 2, efectos moderados el valor 3, efectos fuertes el valor 4 o efectos muy fuertes el valor 5. Por tanto, cada sector en el cual fue dividida la intercomuna obtuvo una serie de valores según la percepción de cada persona. Sin embargo, el sector debe tener un valor único al ingresar los datos en las regresiones, este valor único fue el *promedio* (si la persona no conocía la realidad de un sector esa observación no fue considerada en el cálculo de la media).

Cabe señalar que las variables subjetivas olor y seguridad son aleatorias debido a que fueron obtenidas mediante encuestas, por lo tanto, los valores de estas variables cambiarían si se hubiese tomado otra muestra. Si pensamos en la variable subjetiva como una *proxy* de la verdadera medida de contaminación (o de seguridad) más un error aleatorio, tenemos un problema si el error aleatorio de la verdadera medida (contaminación ambiental o seguridad) está correlacionado con el error de la función de precios hedónicos. Pero también podríamos

⁶Ver detalle de las encuestas en Anexo 3.

pensar que lo que interesa medir es simplemente la percepción subjetiva y no el verdadero nivel de contaminación o seguridad. De todos modos, una posible solución a este problema sería la utilización de variables instrumentales, lo cual ya no es posible hacer en este estudio a menos que se realizase otra encuesta con preguntas adicionales que sirvan como instrumentos válidos.

Para concluir con el análisis de los datos, a modo de resumen se presenta la estadística descriptiva de las variables utilizadas en el Cuadro 2.

4. SUPUESTOS NECESARIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL MODELO HEDÓNICO

A continuación se enumera una serie de supuestos necesarios para la estimación del modelo hedónico siguiendo la revisión de Palmquist (2003). Se plantean test estadísticos realizados y las soluciones adoptadas para la presente investigación.

4.1. La Magnitud del Mercado

El precio hedónico es el precio de equilibrio en un mercado. Pero se debe estar seguro de que las observaciones vienen de un único mercado. Es difícil determinar el tamaño apropiado del mercado usando test estadísticos o pruebas econométricas. Los usuales test F asumen que las ecuaciones estimadas se especifican correctamente y la teoría no proporciona casi ninguna guía acerca de la especificación de la ecuación hedónica. Si se estimaran ecuaciones hedónicas separadas para dos sectores en una ciudad y un test F rechaza la hipótesis de que

CUADRO 2
ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES

	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Desv. Est.	Observ.
Precio	20432952	16475029	90180000	1400000	16429410	158
Areaint	91.99487	80.5	426	38.22	49.67405	158
Areaex	203.446	162.21	799	63.7	127.5427	158
Conce	7278.511	6494	20354.67	736.6667	4213.317	158
THNO	12396.1	13543.33	20649.33	589.3333	5367.674	158
Areaverde	0.025316	0	1	0	0.157584	158
Parque	0.037975	0	1	0	0.191743	158
Plaza	0.006329	0	1	0	0.079556	158
Mediaseg	3.470506	3.52	4.54	2.12	0.592332	158
Olor	1.006266	0	4.33	0	1.343195	158

Fuente: Elaboración propia.

los coeficientes son iguales, esto podría ser porque existían dos mercados separados, o bien, también podría deberse a que las formas funcionales no eran apropiadas o las ecuaciones estaban mal especificadas. Dados los grandes tamaños de muestra que son típicos en los estudios hedónicos hoy, los test F rechazarán casi siempre áreas combinadas en las regresiones hedónicas.

Por esta razón, es más apropiado pensar sobre los tipos de transacciones que están tomando lugar en el área. Si hay un número razonable de consumidores, que considerarían áreas alternativas, entonces esas áreas pueden tratarse como un solo mercado, aun cuando muchas personas sólo consideran uno u otro. Si casi no existieran consumidores, quienes considerarían las dos áreas sustitutos viables, ellas pueden tratarse como mercados separados.

La mayoría de los investigadores hoy toman un área urbana como un solo mercado. Aun cuando uno considere un área urbana como un único mercado, esto no evita estudiar simplemente un subconjunto de ese mercado si eso es apropiado para responder la pregunta bajo investigación. Los problemas sólo surgen cuando se tratan los mercados separados como uno. Hay a menudo, de hecho, ventajas al usar áreas menores si el problema ambiental puede dirigirse dentro de esa área (por ejemplo, sitios con residuos peligrosos, ruido, etc.). Con áreas más limitadas, uno puede evitar la complejidad de especificar totalmente todas las características importantes que varían a través de un área urbana, pero no dentro de un vecindario.

Considerando todos los argumentos anteriores, esta investigación testeó la posibilidad de que existiesen mercados separados, uno en cada ciudad de la intercomuna.

Para obtener la suma cuadrática de residuos no restringida, se estima cada ecuación por separado, hallando la suma cuadrática de residuos para cada una de ellas. Para obtener la suma cuadrática de residuos restringida, se incluyen todos los datos y se estima una sola ecuación. Los test F realizados rechazan que los datos provengan de un solo mercado. Sin embargo, cabe señalar que no se pudieron utilizar todas las variables explicativas, ya que al dividir los datos en dos grupos, algunas variables resultaron ser prácticamente colineales con otras. La solución fue realizar los test eliminando las variables problemáticas. Los resultados se observan en el Cuadro 3.

A pesar de este resultado y dando más peso a los argumentos señalados en los párrafos anteriores se utilizaron todas las casas, ya que debido a la interconexión de la intercomuna existen viviendas ubicadas en sectores de ambas ciudades que pueden ser considerados sustitutos cercanos por las familias.

4.2. La Forma Funcional

La forma funcional de la ecuación hedónica tiene que ser determinada de los datos. Los primeros estudios hedónicos escogieron entre las formas funcionales simples como la *lineal*, *semilog*, *log-lineal* y *log-log*. Con los avances computacionales se introdujo mayor flexibilidad a través de la forma funcional Box-Cox cuadrática. Esto permitió una flexibilidad considerable, aunque flexibilidad

local. La mayoría de las formas funcionales normalmente usadas se anidan dentro de la Box-Cox cuadrática. Sin embargo, las limitaciones de la computadora normalmente obligan a tener la misma transformación Box-Cox aplicada a todas las características. Si el interés estuviera en una característica menor como la calidad del aire, la transformación podría determinarse enormemente por otras características más importantes. La inadecuada transformación de la variable ambiental tendría un gran impacto en las medidas de bienestar ambientales. Debido a esta preocupación, Cassel y Mendelsohn (1985) defendieron el uso de formas funcionales más simples.

Otro problema potencial con la Box-Cox cuadrática es la posibilidad de que variables omitidas o mal especificadas en la ecuación hedónica podrían reducir la deseabilidad de introducir mayor flexibilidad local. Esto es exactamente lo que Cropper *et al.* (1988) encontraron en estudios de simulaciones sobre la adecuación de varias formas funcionales al predecir los precios marginales. La forma Box-Cox cuadrática lo hizo bien cuando la ecuación estimada contenía todas las características, aunque no particularmente mejor que la Box-Cox lineal. Sin embargo, cuando existieron variables omitidas o incorrectamente medidas, la Box-Cox cuadrática funcionó pobremente. La Box-Cox lineal e incluso las formas más simples (*lineal*, *semilog*) lo hicieron mejor. Por el momento, la Box-Cox lineal parece ser la mejor comportada. En esta investigación se estimaron las formas funcionales sencillas y la Box-Cox lineal.

4.3. La Medida de las Variables Ambientales

La medición de cambios en la calidad ambiental es difícil cuando existen indicadores de contaminantes en una única variable (PM_{10} , SO_2 , NO_x , etc.). Si se toman medidas múltiples, surge el problema de la correlación entre ellas y pueden distorsionar la estimación. Por otro lado, si se toma una medida única como representativa de la contaminación, tiene el inconveniente de que no recoge la existencia de fuentes diversas, que se traducen en distintos efectos. Otro problema importante es que las variables ambientales son típicamente medidas objetivas (microgramos por centímetro cúbico, partes por millón, etc.). Sin embargo, si los valores de las propiedades están siendo afectados, los contaminantes tienen que ser percibidos por los residentes. En algunos casos (por ejemplo, ciertos contaminantes aéreos), las medidas objetivo pueden estar altamente correlacionadas con lo que se percibe.

Una alternativa prometedora es conseguir percepciones subjetivas de los niveles de calidad ambiental (Palmquist, 2003), que es justamente el procedimiento utilizado en esta investigación empírica. El precio de una casa individual no dependería mucho de las percepciones específicas del residente de esa casa porque el precio es el resultado de un equilibrio del mercado determinado por las interacciones de todos los potenciales compradores, no sólo el de la oferta ganadora. Sin embargo, el conocimiento de la relación entre percepción media de residentes y las medidas objetivas podría ser bastante útil. El estudio no tiene que ser de los mismos individuos o incluso de la misma área del estudio hedónico (Palmquist, 2003).

La comparación de los resultados arrojados entre variables que midan la contaminación de una manera objetiva y subjetiva se encuentra ausente, en este trabajo, por la falta de estaciones de monitoreo en la intercomuna Concepción-Talcahuano que entreguen una variabilidad suficiente para realizar la estimación.

4.4. Problemas de Multicolinealidad

El problema de la multicolinealidad frecuentemente surge en los estudios hedónicos y se usa a menudo para explicar problemas encontrados.

Sin embargo, la pregunta que permanece es si la multicolinealidad es un problema significativo al estimar regresiones hedónicas. Ha existido alguna investigación en este tema. Palmquist (1983) estimó regresiones hedónicas para 14 ciudades con un conjunto extenso de variables incluyendo cuatro contaminantes del aire. Sólo en una de las ciudades existía colinealidad entre un par de contaminantes (uno de 39 posibles pares). Existió colinealidad entre una variable contaminante y una no-contaminante en tres casos (de 53 posibles casos). Había colinealidad más frecuente entre las variables del vecindario, los cuales eran datos censo, pero las variables ambientales no estaban involucradas.

En esta investigación existe sólo una variable que mide efectos ambientales (*olor*), por lo cual no existe el problema de multicolinealidad entre múltiples variables ambientales (por ej.: dióxido de azufre, PM_{10} , dióxido de carbono, ozono, etc.), lo cual no significa que no exista multicolinealidad entre todas las variables utilizadas en las regresiones, como son la distancia a centros urbanos, área interior, exterior, tipo de propiedad, etc. Se analizó la existencia de multicolinealidad entre todas las variables explicativas con *Variance Inflation Factors* (VIF).

Si la variable explicativa X_j está altamente correlacionada con las otras variables X , entonces R_j^2 será grande, haciendo que el valor de VIF sea grande. Típicamente se utiliza el valor mayor a 10 como umbral, para considerar la multicolinealidad como un problema serio según este criterio. Ninguno de los VIF obtenidos para las variables supera el umbral, los resultados son presentados en el Cuadro 4.

4.5. Precio de Arriendo vs. Precios de la Vivienda

La mayoría de los modelos teóricos hedónicos se abstraen del papel de las casas como un activo con una vida relativamente larga. Todavía la mayoría de los estudios hedónicos ambientales que se han realizado usan los precios de las ventas en lugar de los precios de arriendo, tal como ocurre en el presente estudio. Es importante tener en cuenta esto cuando se interpreta el significado de los coeficientes en las variables ambientales.

Los precios de venta (el precio del activo) es el valor capitalizado de los servicios futuros anticipados proporcionados por la casa. El precio del arriendo es el valor de esos servicios a través del mes u otro periodo de contrato de arriendo. Sin embargo, la diferencia entre los dos puede ser más que simplemente el

CUADRO 3
TEST F PARA LA EXISTENCIA DE UN UNICO MERCADO

	Lineal	Semilog	Log-log	Semilog inv
SSRConce	1.84 E + 16	36.01588	31.70747	1.82 E + 16
SSRTHNO	3.74 E + 15	17.28425	17.80605	3.55 E + 15
SSRTotal	2.60 E + 16	59.84913	56.54205	2.56 E + 16
K	5	5	5	5
N-2K	148	148	148	148
F(K,N-2K)	5.16	3.64	4.20	5.24
FCALC 5%	2.28	2.28	2.28	2.28
FCALC 1%	3.14	3.14	3.14	3.14

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4
TEST PARA MULTICOLINEALIDAD

Variable	Vif	1/vif
Olor	5.72	0.174774
Thno	4.84	0.206496
Conce	3.97	0.251978
Areaint	1.84	0.544218
Areaex	1.8	0.556511
Areaverde	1.17	0.856417
Mediasseg	1.12	0.889745
Parque	1.08	0.923990
Plaza	1.04	0.961855
Vif promedio	2.51	

Fuente: Elaboración propia.

cálculo financiero. Si se espera que se produzca un cambio en las condiciones ambientales en el futuro, esta expectativa se reflejará en el precio de las ventas, pero no el precio del arriendo. Por lo anterior, calcular el impacto que tiene la contaminación del aire sobre el precio de los arriendos podría ser una extensión a este trabajo.

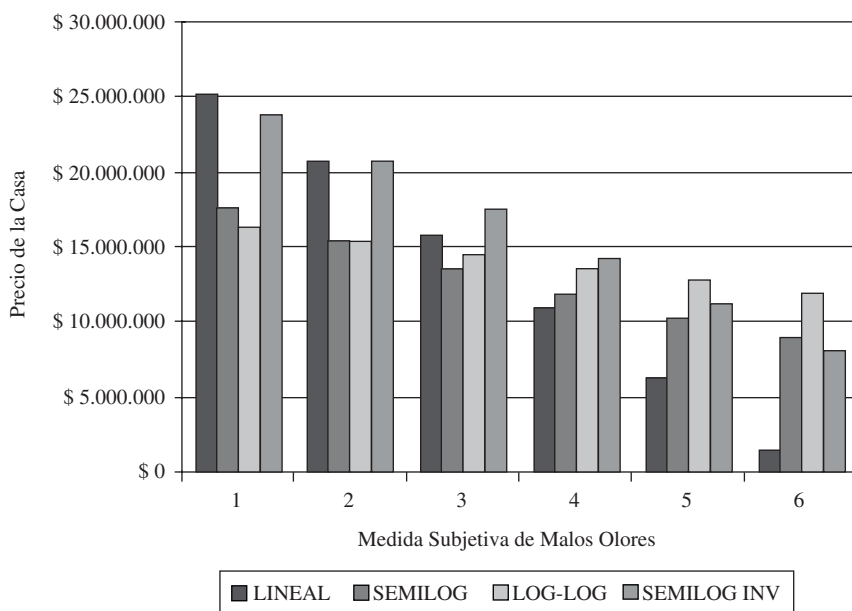
4.6. Los Costos de Búsqueda y Tiempo en el Mercado

El modelo hedónico básico asume que hay un mercado absolutamente competitivo sin costos de transacciones significativos. En la realidad, los mercados de los bienes raíces están sujetos a una variedad de costos de transacciones y de mudanza. Los costos de búsqueda en los mercados de bienes raíces son parti-

cularmente pertinentes en determinar si las condiciones ambientales son capturadas completamente en los precios de los bienes raíces.

En esta investigación los resultados arrojan que los beneficios ambientales de una mejora en la calidad del aire en algunas especificaciones funcionales son significativos y bastante mayores que los costos que se podrían presumir de una búsqueda en el mercado de propiedades y costos de mudanza por parte de una familia (ver, por ejemplo, el Gráfico 3, en el cual se presentan los efectos monetarios de los malos olores en una vivienda representativa). Esto lleva a la conclusión de que aun cuando estos costos a veces pueden ser considerados un límite superior para el cálculo de las medidas de cambio en el bienestar, no es el caso en esta investigación.

GRAFICO 3
EFECTOS DE MALOS OLORES SOBRE EL PRECIO DE LAS CASAS



5. ESTIMACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En el primer apartado se presentan los resultados de las estimaciones de formas funcionales sencillas (*lineal*, *semilog*, *semilog inversa*, *log-log*). Debido a que en algunas especificaciones no se pudo eliminar la heterocedasticidad con mínimos cuadrados ponderados, se decidió finalmente utilizar la estimación con la matriz de varianzas y covarianzas robusta de White. Finalmente, en el segun-

do apartado se presentan los resultados con el modelo Box-Cox lineal, que es mucho más flexible y anida las especificaciones funcionales sencillas.

5.1. Comparación de Formas Funcionales Sencillas

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de las formas funcionales más sencillas⁷. Las variables en paréntesis están expresadas en logaritmo cuando se emplean las formas funcionales *semilog*, *semilog invertida* y *log-log*.

El mejor ajuste se logra con una función *lineal*, la cual tiene un R^2 ajustado de 0.4845, es decir, un 48.45% de la variación en la variable dependiente, *precio*, es explicada por las variables independientes. El ajuste más bajo lo obtiene la función *semilog* con un 42.58%.

Con respecto al número de variables estadísticamente significativas las especificaciones funcionales sencillas tienen entre 6 y 9 variables estadísticamente distintas de cero, ya sea al 1%, 5% o 10%.

Las variables tienen el signo esperado, salvo el estimador de la variable área exterior de la propiedad, que adopta dos valores negativos y dos positivos, resultando estadística y significativamente negativa al 5% en una de las cuatro formas funcionales. Este resultado puede considerarse extraño, pero una posible explicación para ello es que en las zonas menos urbanas típicamente los terrenos son más extensos y también más baratos. Otra explicación es que por falta de información no se pudieron incluir otras variables explicativas importantes, como,

CUADRO 5
ESTIMACIONES DE PARAMETROS CON FORMAS FUNCIONALES SIMPLES

Variable	Lineal		Semilog		Log-log		Semilog Inverso	
	Coefficiente	t-est.	Coefficiente	t-est.	Coefficiente	t-est.	Coefficiente	t-est.
C	-6.667.545	-0.7203	15.13978***	27.2163	14.69066***	7.9129	51404.26	0.0012
Areaint	51.733.09	1.6151	0.004217**	2.4418	0.838194***	4.4197	11051943***	2.8654
Areaex	16.314.54	1.4695	-0.000285	-0.4164	-0.311654*	-2.3076	434810.6	0.1576
Conce	-6.132.234	-1.2894	-5.49E-05**	-2.3887	-0.231604**	-2.1410	-3867723	-1.2964
Thno	-1.129.426***	-3.0112	-5.14E-05**	-2.5887	-0.084565	-0.6142	-4707452	-1.7942
Parque	-7.763.243***	-2.7525	-0.405778**	-2.4072	-0.295773*	-1.1565	-5535155	-1.7396
Plaza	10.245.484***	3.0287	0.543511***	3.5106	0.343460**	0.5515	5806086	1.3233
Areaverde	35.957.654***	2.9776	1.103069***	3.3081	0.809662***	2.5526	31226534	2.5365
Seguridad	11.982.579***	6.5115	0.642728***	7.1583	2.111438	7.4409	39805295	6.1464
Olor	-4.750.191***	-2.8694	-0.134523**	-1.8310	-0.062283	-0.8273	-3131314	-2.0119
R2 Ajustado	0.484.518		0.425814		0.435271		0.470331	
Log likelihood	-2.791.782		-139.7249		-138.412		-2793.941	
Estadístico F	1.739.656***		13.93674***		14.4455		16.48393	

Nota: *, **, *** denotan significancia a niveles de 0.10, 0.05 y 0.01, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

⁷El detalle de las estimaciones se presenta en el Anexo 1.

por ejemplo, el año de construcción de la propiedad, lo cual puede sesgar las estimaciones de los parámetros. En un estudio de Figueroa y Lever (1992) los datos arrojaron también un signo negativo para la variable superficie de terreno (al explicar el precio por metro cuadrado) en el área urbana de Santiago.

La variable de seguridad en el sector de la intercomuna es positiva y estadísticamente significativa de cero al 1% en las cuatro especificaciones.

El resultado más importante desde el punto de vista ambiental es que el efecto de malos olores resulta ser negativo en todas las formas funcionales utilizadas, aunque significativo estadísticamente al 1% y 5% solamente en tres de los cuatro modelos, el *lineal*, *semilog* y *semilog inverso*.

Adicionalmente, la existencia de áreas verdes naturales cerca de las propiedades tiene un efecto positivo y significativo en los cuatro modelos.

Para realizar una comparación de los efectos se presenta el Cuadro 6 con las elasticidades para cada forma funcional.

Después de observar los Cuadros 5 y 6, la pregunta más lógica para responder es cuál es el efecto en términos monetarios sobre el precio de una vivienda que está ubicada en un sector en el cual se perciben malos olores de las emisiones industriales.

Para responder a esta cuestión sería interesante realizar un ejercicio evaluando los efectos de un aumento (disminución) de la percepción de malos olores sobre el precio de una vivienda representativa. Antes que todo se calcula el efecto conjunto de las otras variables que asumiremos adoptan el valor del promedio, para ejemplificar el caso de una propiedad con características representativas.

Como se puede apreciar en el Gráfico 3 y en el Cuadro 7, la caída en el precio de las viviendas, debido al efecto malos olores, depende de la forma funcio-

CUADRO 6
ESTIMACIONES DE ELASTICIDADES PARA
FORMAS FUNCIONALES SENCILLAS

Variable	Lineal	Semilog	Log-log	Semilog Inv
(Areaint)	0.232917	0.387942	0.838194	0.540888
(Areaex)	0.162440	-0.057982	-0.311654	0.021280
(Conce)	-0.218439	-0.399590	-0.231604	-0.189289
(Thno)	-0.685191	-0.637160	-0.084565	-0.230385
Parque	-0.014428	-0.015409	-0.011232	-0.010287
Plaza	0.003173	0.003440	0.002174	0.001798
Areaverde	0.044551	0.027925	0.020497	0.038689
(Mediaseg)	2.035223	2.230591	2.111438	1.948093
Olor	-0.233934	-0.135366	-0.062673	-0.154208

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 7
EFECTOS DE LOS MALOS OLORES EN
EL PRECIO DE LAS VIVIENDAS

Precio vivienda	Lineal	Semilog	Log-log	Semilog-inv
Sin efectos	\$ 25.212.882	\$ 17.531.987	\$ 16.293.364	\$ 23.720.545
Muy leve	\$ 20.462.691	\$ 15.325.284	\$ 15.309.520	\$ 20.589.231
Leve	\$ 15.712.500	\$ 13.396.333	\$ 14.385.085	\$ 17.457.917
Moderado	\$ 10.962.309	\$ 11.710.174	\$ 13.516.469	\$ 14.326.603
Fuerte	\$ 6.212.118	\$ 10.236.247	\$ 12.700.303	\$ 11.195.289
Muy fuerte	\$ 1.461.927	\$ 8.947.839	\$ 11.933.420	\$ 8.063.975
Caída total	\$ 23.750.955	\$ 8.584.148	\$ 4.359.943	\$ 15.656.570
% Del precio	94.20%	48.96%	26.76%	66.00%

Fuente: Elaboración propia.

nal utilizada (en las formas funcionales *semilog* y *log-log* el efecto marginal es decreciente, mientras que en las formas *lineal* y *semilog invertida* es constante).

Los valores de las viviendas caen considerablemente cuando existe percepción de contaminación ambiental en el sector donde se ubica la propiedad. De estos resultados se puede extraer que los beneficios de los planes descontaminadores no son nada despreciables, en términos monetarios, para los propietarios.

Cabe mencionar que no se debería tomar muy seriamente el valor de la vivienda representativa en la categoría olores muy fuertes, debido a que ningún sector fue clasificado con un valor 5 de esta medida subjetiva (el valor obtenido por el sector más contaminado fue sólo 4.33).

5.2. Estimaciones con Forma Funcional Box-Cox Lineal

Se realizaron estimaciones con la regresión Box-Cox lineal con distintas especificaciones para la transformación Box-Cox. Los mejores resultados se obtienen con la especificación en la que el parámetro de transformación Box-Cox es el mismo (lambda) para las variables dependiente e independientes, en este caso la variable olor es significativa (ver el Cuadro 8). Los resultados con la especificación en la que se utilizan transformaciones Box-Cox distintas para la variable dependiente (theta) y para las variables independientes (lambda) no son presentados, ya que con esta forma funcional ninguna variable explicativa resulta ser significativa, sólo el estimador del parámetro de transformación Box-Cox lambda.

Se observa en el Cuadro 8 que el valor de lambda es 0.12495, recordando que cuando lambda tiende a cero las variables adoptan una forma logarítmica, los resultados arrojan que se podría privilegiar la utilización del modelo no lineal, más que uno con forma lineal.

CUADRO 8
ESTIMACIONES DE PARAMETROS CON FORMA
FUNCIONAL BOX-COX LINEAL

Variable	Lambda variables dependiente e independiente	
	Coficiente	t-est.
C	43.234549***	17.935
(Areaint)	3.4861447***	18.433
(Areaex)	-1.0595798***	-8.812
(Conce)	-0.6484583***	-9.025
(Thno)	-0.4750306***	-5.370
Areaverde	7.0981672***	12.021
Parque	-2.4014753***	-5.102
Plaza	2.9572186***	2.739
(Seguridad)	14.0227577***	26.280
Olor	-0.8402079***	-5.820
Lambda	0.124951009***	92.214
Sigma-SQ	4.849083836	33.223
Log likelihood	-2746.50252	
Log likelihood restr.	-2854.1756	

Nota: *, **, *** denotan significancia a niveles de 0.10, 0.05, y 0.01, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9
ESTIMACIONES DE ELASTICIDADES PARA FORMAS BOX-COX

Variable	Lambda variables dependientes e independiente	
(Areaint)	0.7762	
(Areaex)	-0.2613	
(Conce)	-0.2484	
(Thno)	-0.1944	
Areaverde	0.0245	
Parque	-0.0115	
Plaza	0.0027	
(Seguridad)	2.0638	
Olor	-0.1074	

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

Esta investigación demuestra la factibilidad de desarrollar estudios de precios hedónicos, para analizar problemas de contaminación. Se determina un efecto negativo significativo sobre el precio de las viviendas en la intercomuna Concepción-Talcahuano, en tres de las cuatro especificaciones funcionales simples (incluyendo aquella con mejor bondad de ajuste). Cabe señalar que debido al método de muestreo y limitaciones sobre la medida de calidad del aire los resultados sólo pueden ser vistos como un ejercicio. A pesar de todo, los hallazgos encontrados en este estudio demuestran la necesidad de seguir investigando en esta área, para ir corroborando y comparando los resultados en diversas ciudades con distintos problemas ambientales.

Finalmente, la metodología seguida en esta investigación puede ser utilizada para análisis costo-beneficio y así calcular el nivel óptimo de contaminación, y además sirve para determinar la magnitud de los efectos redistributivos en la población afectada por actividades económicas que empeoren la calidad del aire.

ANEXO 1
REGRESIONES DE FORMAS SENCILLAS
CON MEDIA DE VARIABLES SUBJETIVAS

Lineal				
Variable dependiente: precio				
Variable	Coeficiente	Error Est.	t-Estadístico	Prob.
C	-6667545	9256.756	-0.720290	0.4725
Areaint	51733.09	32031.00	1.615095	0.1084
Areaex	16314.54	11101.99	1.469516	0.1438
Conce	-613.2234	475.5826	-1.289415	0.1993
Thno	-1129.426	375.0713	-3.011230	0.0031
Parque	-7763243	2820401	-2.752532	0.0067
Plaza	10245484	3382842	3.028662	0.0029
Areaverde	35957654	12076030	2.977606	0.0034
Seguridad	11982579	1840211	6.511525	0.0000
Olor	-4750191	1655484	-2.869366	0.0047
R2	0.514067	Media var. dependiente		20432952
R2 Ajustado	0.484518	Desv. Est. var. dependiente		16429410
S.E. de regresión	11795841	Criterio Info Akaike		35.46559
Suma res. cuadrado	2.06E+16	Criterio Schwarz		35.65943
Log likelihood	-2791.782	F-estadístico		17.39656
Durbin-Watson	1.864887	Prob (F-estadístico)		0.000000

Semilog				
Variable dependiente: precio				
Variable	Coeficiente	Error Est.	t-Estadístico	Prob.
C	15.13978	0.556276	27.21629	0.0000
Areaint	0.004217	0.001727	2.441813	0.0158
Areaex	-0.000285	0.000685	-0.416430	0.6777
Conce	-5.49E-05	2.30E-05	-2.388729	0.0182
Thno	-5.14E-05	1.98E-05	-2.588728	0.0106
Parque	-0.405778	0.168568	-2.407213	0.0173
Plaza	0.543511	0.154820	3.510603	0.0006
Areaverde	1.103069	0.333445	3.308101	0.0012
Seguridad	0.642728	0.089788	7.158294	0.0000
Olor	-0.134523	0.073468	-1.831048	0.0691
R2	0.458729	Media var. dependiente		16.54414
R2 Ajustado	0.425814	Desv. Est. var. dependiente		0.798907
S.E. de regresión	0.605372	Criterio Info Akaike		1.895252
Suma res. cuadrado	54.23833	Criterio Schwarz		2.089087
Log likelihood	-139.7249	F-estadístico		13.93674
Durbin-Watson	1.843141	Prob (F-estadístico)		0.000000

Log Log				
Variable dependiente: precio				
Variable	Coefficiente	Error Est.	t-Estadístico	Prob.
C	14.69066	1.926880	7.624068	0.0000
Log (Areaint)	0.838194	0.241101	3.476528	0.0007
Log (Areaex)	-0.311654	0.180731	-1.724407	0.0867
Log (Conce)	-0.231604	0.099576	-2.325903	0.0214
Log (Thno)	-0.084565	0.133394	-0.633947	0.5271
Parque	-0.295773	0.150878	-1.960349	0.0518
Plaza	0.343460	0.146952	2.337230	0.0208
Areaverde	0.809662	0.307079	2.636657	0.0093
Log (mediaseg)	2.111438	0.302857	6.971728	0.0000
Olor	-0.062283	0.068618	-0.907671	0.3655
R2	0.467644	Media var. dependiente		16.54414
R2 Ajustado	0.435271	Desv. Est. var. dependiente		0.798907
S.E. de regresión	0.600366	Criterio Info Akaike		1.878645
Suma res. cuadrado	53.34503	Criterio Schwarz		2.072480
Log likelihood	-138.4130	F-estadístico		14.44550
Durbin-Watson	1.757087	Prob (F-estadístico)		0.000000

Semilog inverso				
Variable dependiente: precio				
Variable	Coefficiente	Error Est.	t-Estadístico	Prob.
C	51404.26	42634733	0.001206	0.9990
Log (Areaint)	11051943	3857029.	2.865403	0.0048
Log (Areaex)	434810.6	2757213.	0.157699	0.8749
Log (Conce)	-3867723.	2983406.	-1.296412	0.1969
Log (Thno)	-4707452.	2623567.	-1.794295	0.0748
Parque	-5535155.	3181708.	-1.739680	0.0840
Plaza	5806086.	4387441.	1.323342	0.1878
Areaverde	31226534	12310539	2.536569	0.0122
Log(mediaseg)	39805295	6476181.	6.146415	0.0000
Olor	-3131314.	1556371.	-2.011932	0.0460
R2	0.500600	Media var. dependiente		20432952
R2 Ajustado	0.470231	Desv. Est. var. dependiente		16429410
S.E. de regresión	11958188	Criterio Info Akaike		35.49293
Suma res. cuadrado	2.12E+16	Criterio Schwarz		35.68677
Log likelihood	-2793.941	F-estadístico		16.48393
Durbin-Watson	1.869791	Prob (F-estadístico)		0.000000

ANEXO 2
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS COMPRAS VENTAS
DE LA INTERCOMUNA

Sector	Comuna	Nº ventas	Promedio	Mínimo	Máximo	Desv. St.
21 de Mayo	Concepción	2	12755300	3500000	22010600	9255300
Barrio Norte	Concepción	10	7471784.9	1400000	13017849	3548784.25
Barrio Universitario	Concepción	2	44572687	31000000	58145374	13572687
Bellavista	Concepción	8	17685075.25	13360000	23441012	3220811.19
Camilo Henríquez	Concepción	3	16066666.7	5700000	27500000	8931716.27
Cementerio	Concepción	1	9800000	9800000	9800000	0
Centro Concepción	Concepción	11	33818181.8	16000000	69000000	15590312.7
Collao	Concepción	8	16106556.5	8000000	30193600	7834882.76
Ejército	Concepción	1	18000000	18000000	18000000	0
Laguna Redonda	Concepción	1	5000000	5000000	5000000	0
Lomas	Concepción	16	43132047.88	15837946	90000000	19675258.3
Los Lirios	Concepción	4	19925000	15000000	25000000	4179339.06
Lzo. Arenas	Concepción	4	17922387.5	16500000	21000000	1816121.17
Nonguen	Concepción	4	10629548.75	1500000	24318195	9379837.17
Pedro del Río	Concepción	2	20000000	10000000	30000000	10000000
Remodelación	Concepción	1	10000000	10000000	10000000	0
Sta. Sabina	Concepción	3	10652040	7000000	16456120	4149538.81
Vilumanque	Concepción	3	71893712.67	52105090	90180000	941629.793
Villa Cap.	Concepción	3	5900000	4700000	7000000	941629.793
Villa Universitaria	Concepción	1	7500000	7500000	7500000	0
Centro Talcahuano	Talcahuano	5	13264000	5000000	30000000	8856567.28
Colón 9000	Talcahuano	13	25844249.9	11000000	42190175	10128720.2
Denavi Sur	Talcahuano	9	20402431.06	7000000	27221000	6103781.63
Higueras	Talcahuano	7	14793079	5600000	25000000	7972708.25
Hualpencillo	Talcahuano	2	12909984	6715168	19104800	6194816
Los Lobos	Talcahuano	2	3800000	2600000	5000000	1200000
Parque Central	Talcahuano	9	9906521.144	5000000	14610479.3	2699746.598
Perales	Talcahuano	8	13391705.13	5000000	20000000	4579242.776
Salinas	Talcahuano	11	14759235.45	8000000	27688600	4821849.003
San Vicente	Talcahuano	4	6827313.75	1709255	18000000	6508315.844

ANEXO 3
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS RESPUESTAS
DE ENCUESTAS POR SECTOR

Sector	Nº Respuestas	Promedio	Mediana	Desv. st.
Lorenzo Arenas	216	0.1	0	0.25
Laguna Redonda	216	0.0	0	0.19
Cementerio	200	0.1	0	0.26
21 de Mayo	208	0.0	0	0.18
Vilumanque	128	0.0	0	0.09
Los Conquistadores	128	0.0	0	0.09
Villa Universitaria	152	0.0	0	0.08
Los Lirios	200	0.0	0	0.07
Nonguen	192	0.0	0	0.07
Collao	200	0.0	0	0.10
Barrio Norte	208	0.0	0	0.07
Lomas San Andrés	224	0.0	0	0.07
Santa Sabina	208	0.0	0	0.07
Villa Cap	168	0.0	0	0.08
Bellavista	120	0.0	0	0.09
Pedro de Valdivia	216	0.0	0	0.07
Pedro del Río Zañartu	200	0.0	0	0.07
Costanera	224	0.0	0	0.07
Camilo Henríquez	200	0.0	0	0.07
Agüita de la Perdiz	192	0.0	0	0.07
Barrio Universitario	224	0.0	0	0.07
Remodelación Paicaví	224	0.0	0	0.09
Concepción Centro	232	0.1	0	0.29
Parque Ecuador	224	0.0	0	0.07
Autopista Paicaví	216	0.0	0	0.07
Ejército	216	0.0	0	0.10
Las Canchas	168	1.0	0	1.35
Los Lobos	176	2.0	2	1.26
San Vicente	232	4.3	4	0.79
Thno Centro	248	3.7	4	1.17
Perales	192	2.3	2	1.31
Higueras	240	2.7	3	1.44
Salinas	208	3.3	3	1.07
Denavi Sur	200	1.9	2	1.07
Parque Central	120	1.1	1	1.02
Colón 9000	168	0.9	0	1.08
Hualpencillo	176	3.1	3	1.35

REFERENCIAS

- Bartik, T.J. (1987). "The Estimation of Demand Parameters In Hedonic Price Models", *Journal of Political Economy* 95: 81-88.
- Bartik, T.J. (1988). "Measuring the Benefits of Amenity Improvements in Hedonic Price Models", *Land Economics* 64: 172-183.
- Bartik, T.J., and V.K Smith (1987). "Urban Amenities and Public Policy", In: E.S. Mills, Ed., *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. 2 (North-Holland, Amsterdam) 1207-1254.
- Brown, J. and H. Rosen (1982). "On The Estimation of Structural Hedonic Price Models", *Econometrica*, Econometric Society, Vol. 50(3)pp. 765-68.
- Chattopadhyay, S. (1998). "An Empirical Investigation Into the Performance of Ellickson's Random Bidding Model, with an Application to Air Quality Valuation", *Journal of Urban Economics* 43: 292-314.
- Chattopadhyay, S. (1999). "Estimating the Demand For Air Quality: New Evidence Based on the Chicago Housing Market", *Land Economics* 75: 22-38.
- Chattopadhyay, S. (2000). "The Effectiveness of Mcfadden's Nested Logit Model In Valuing Amenity Improvement", *Regional Science and Urban Economics* 30: 23-43.
- Cropper, M., L. Deck, and K. McConnell (1988). "On the Choice of Functional Form for Hedonic Price Functions". *Review of Economics and Statistics* 70(4): 668-675.
- Cropper, M.L., L. Deck, N. Kishor, and K.E. McConnell (1993). "Valuing Product Attributes Using Single Market Data: A Comparison of Hedonic and Discrete Choice Approaches", *Review of Economics and Statistics* 75: 225-232.
- Ellickson, B. (1981). "An Alternative Test of the Hedonic Theory of Housing Markets", *Journal of Urban Economics* 9:56-79.
- Figueroa, F. and Lever, G. (1992). "Determinantes del Precio de Mercado de los Terrenos en el área Urbana de Santiago", *Cuadernos de Economía*, N° 86, pp.99-113.
- Figueroa et al. (1996). "An Estimation of the Economic Value of Air Quality Improvement Program in Santiago de Chile", *Estudios de Economía*, Vol. 23, agosto, pp.101-114.
- Freeman, A. M. III (1974). "On Estimating Air Pollution Control Benefits from Land Value Studies", *Journal of Environmental Economics and Management* 1: 74-83.
- Freeman, A.M. III (1993). *The Measurement of Environmental and Resource Values (Resources for the Future, Washington DC)*.
- Huang, J.C., and R.B. Palmquist (2001). "Environmental Conditions, Reservation Prices, and Time on the Market For Housing", *Journal of Real Estate Finance and Economics* 22: 203-219.
- Kanemoto, Y., and R. Nakamura (1986). "A New Approach to the Estimation of Structural Equations in Hedonic Models", *Journal of Urban Economics* 19:218-233.
- Lerman, S. R., and C.R. Kern (1983). "Hedonic Theory, Bid Rents, and Willingness-To-Pay: Some Extensions of Ellickson's Results", *Journal of Urban Economics* 13: 358-363.
- Mason, C., and J.M. Quigley (1990). "Comparing the Performance of Discrete Choice and Hedonic Models", In: M.M. Fischer, P. Nijkamp, and Y.Y. Papageorgiou, Eds., *Spatial Choices and Processes* (North-Holland,

- Amsterdam). 22:35-52.
- Mcfadden, D. (1978). "Modelling the Choice of Residential Location", In: A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars, and J.W. Weibull, Eds., *Spatial Interaction Theory and Planning Models* (North-Holland, Amsterdam).
- Mcfadden, D., and K. Train (2000). "Mixed MNL Models for Discrete Response", *Journal of Applied Econometrics* 15: 447-470.
- Palmquist, R.B. (1984). "Estimating the Demand for the Characteristics of Housing", *Review of Economics and Statistics* 66: 394-404.
- Palmquist, R.B. (1989). "Land as a Differentiated Factor of Production: A Hedonic Model and its Implications for Welfare Measurement", *Land Economics* 65: 23-28.
- Palmquist, R.B. (1992a). "Valuing Localized Externalities", *Journal of Urban Economics* 31: 59-68.
- Palmquist, R.B., and L.E. Danielson (1989). "A Hedonic Study of the Effects of Erosion Control and Drainage on Farmland Values", *American Journal of Agricultural Economics* 71: 5-62.
- Palmquist, R.B., and A. Israngkura (1999). "Valuing Air Quality with Hedonic and Discrete Choice Models", *American Journal of Agricultural Economics* 81: 1128-1133.
- Palmquist, R.B. (2003). "Property Value Models", In: Karl-Göran Mäler and Jeffrey Vincent, Ed., *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 2 (North-Holland, Amsterdam).
- Rosen, R. (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy* 82: 34-55.
- Smith, V.K., and J.C. Huang (1995). "Can Markets Value Air Quality? A Meta-Analysis of Hedonic Property Value Models", *Journal of Political Economy* 103: 209-227.
- Wilhelmsson, M. (2000). "The Impact of Traffic Noise on the Values of Single-Family Houses", *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(6), 799-815.